Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 2, Summer 2024, p. 321-337

Assessments of Humic Acid Soil Application and Deficit Irrigation on Growth, Fruit Quality and Water Use Efficiency of *Physalis peruviana* L.

S.A.H. Mousavi[1], F. Nekounam[2*], T. Barzegar[3], Z. Ghahremani[3], J. Nikbakht[4]

1, 2, and 3- Former M.Sc. Student, Assistant Professor, Associate Professor and Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: nekounam@znu.ac.ir)

4- Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Dates		How to cite this article:
Received:	05-01-2023	Mousavi, S.A.H., Nekounam, F., Barzegar, T., Ghahremani, Z., & Nikbakht, J. (2024). Assessments of humic acid soil application and deficit irrigation on growth, fruit quality and water use efficiency of *Physalis peruviana* L.. *Journal of Horticultural Science, 38*(2), 321-337. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2023.80428.1226
Revised:	04-03-2023	
Accepted:	12-03-2023	
Available Online:	12-03-2023	

Introduction

Physalis peruviana L. is a short perennial shrub that is a member of the Solanaceae family. These fruits have many benefits for human health because of their nutritional and bioactive compounds (vitamins (A, B, C and K), essential fats and etc.) and reduced the risk of diseases such as cancer, malaria, asthma, hepatitis, dermatitis and rheumatism. Therefore, it has received special attention for cultivation all over the world. Increasing crop production and mitigating abiotic stresses are major challenges under extreme climatic environments and intense farming activities. Crop management strategies such as deficit irrigation can decrease soil evaporation, runoff, and plant transpiration, and increase water use efficiency (WUE) and water conservation. In addition to these practices, organic input, which includes the application of organic materials such as compost and humic substances, is an additional strategy that increases soil water retention and can potentially improve plant WUE. Water is crucial for agriculture and needs to be used effectively due to climate change and drought in Iran. For this reason, to adapt to water deficit scenarios, deficit irrigation applications are increasing in importance. Water availability is expected to be a growth limiting factor that would affect fruit yield in *Physalis peruviana* due to reduced flower set and elevated floral abscission rate.

Materials and Methods

In order to investigate the effect of humic acid on physiological characteristics, yield and fruit quality of *Physalis peruviana* under deficit irrigation conditions, a split plot experiment based on randomized complete block design with three replications was conducted during 2021. Treatments consisted arrangement of three levels of irrigation (starting irrigation at 100, 80 and 60% ETc (crop evapotranspiration)) and three levels of humic acid (0, 1.5 and 3 kg ha^{-1}). The seeds of *Physalis peruviana* were sown in seedling trays contain peat moss. The seedlings were grown under normal conditions (25±2 °C/day and 20±2 °C at night with 60-65% RH). Plant height, total chlorophyll, fruit yield per plant, total soluble solid content, titratable acidity, vitamin C content and water use efficiency were measured. Statistical analyses were performed with SAS V9.3, and means comparison were separated by Duncan's multiple range tests at $p < 0.05$.

Results and Discussion

The results showed that deficit irrigation significantly reduced growth, fruit yield, vitamin C and increased

https://doi.org/10.22067/jhs.2023.80428.1226

water use efficiency (WUE) and Total soluble solid content of *Physalis peruviana*. The soil application of humic acid significantly increased total chlorophyll, fruit quality and yield, and decreased leaf electrolyte leakage under normal and deficit irrigation, thus, the deficit irrigation 60 ETc% decreased the plant height by 18.6% and the fruit yield by 22.2% compared to irrigation 100 ETc%. The maximum plant length (200.3 cm), total chlorophyll content (2.42 mg g^{-1}FW) and fruit yield (4793.3 kg ha^{-1}) were observed in plants treated with 3 kg ha^{-1} humic acid under 100% ETc irrigation. The highest value of total soluble solid (12.6 B°), antioxidant activity (90.06 %) and WUE (1.23 kg m^{-3}) were obtained with 3 kg ha^{-1} soil application of humic acid under deficit irrigation 60% ETc. The application of 3 kg ha-^{1} humic acid under 100 and 80 %ETc irrigation increased the fruit yield by 25% and 4%, respectively, compared to the control plants (non treated with humic acid) under irrigation100 ETc% and under deficit irrigation 60 ETc%, with decreasing 11% fruit yield, water consumption was saved by 40%. Soil and crop management practices that alter plant water and nutrient availability could affect the processes of crop evapotranspiration and WUE, which can influence the yield and fruit quality by changing the internal nutrient and water balance. Incorporating organic matter within a crop growth system either as leaf spray or soil mix is a complementary strategy to improve crop growth and WUE. By inducing antioxidant enzyme activities, HS could assist plants in stomata functioning, thereby closing stomata more efficiently under drought stress, which results in plant water conservation. The reason of the difference between WUE values probably appeared due to the differences on *Physalis peruviana* yield. WUE showed an upward trend with an increasing in irrigation.

Conclusion

Study results suggest that soil application of humic acid with increasing vitamin C, TSS and TA, improved fruit quality. According to the results, application of 3 kg ha^{-1} humic acid is suggested to improve fruit yield and quality of *Physalis peruviana* under normal and deficit irrigation conditions.

Keywords: Total chlorophyll, Total soluble solid, Vitamin C, Water use efficiency

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۸، شماره ۲، تابستان ۱٤۰۳، ص. ۳۳۷-۳۲۱

ارزیابی کاربرد خاکی اسید هیومیک و تنش کم‌آبیاری بر رشد، خواص کیفی میوه و کارآیی مصرف آب عروسک پشت پرده (*Physalis peruviana* L.)

سید امیر حسین موسوی[۱]- فاطمه نکونام[۲*]- طاهر برزگر[۳]- زهرا قهرمانی[۳]- جعفر نیکبخت[٤]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۱

چکیده

به‌منظور بررسی اثر اسید هیومیک بر رشد، خواص کیفی میوه و کارآیی مصرف آب عروسک پشت پرده (*Physalis peruviana* L.) تحت شرایط کم‌آبیاری، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۴۰۰ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ در صد نیاز آبی گیاه) و سه سطح اسید هیومیک (صفر، ۱/۵ و ۳ کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج نشان داد که تنش کم‌آبیاری به‌طور معنی‌داری رشد و عملکرد میوه را کاهش داد، به‌طوری‌که تیمار کم‌آبیاری ۶۰ درصد باعث کاهش ۱۸/۶ درصد ارتفاع بوته و ۲۲/۲ در صد عملکرد میوه در مقایسه با آبیاری ۱۰۰ در صد شد. کاربرد خاکی اسید هیومیک، ارتفاع بوته، عملکرد میوه در بوته، کارایی مصرف آب و کلروفیل کل و خواص کیفی میوه از جمله اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول و ویتامین ث میوه را تحت شرایط آبیاری نرمال و کم آبیاری افزایش داد. بیشترین ارتفاع بوته (۲۰۰/۳۳ سانتی‌متر)، کلروفیل کل (۲/۴۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، اسیدیته قابل تیتراسیون (۱/۸۱ در صد) و ویتامین ث (۱۹/۵۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) با کاربرد خاکی ۳ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک تحت شرایط کم‌آبیاری ۱۰۰ در صد نیاز آبی گیاه به‌دست آمد. حداکثر مواد جامد محلول میوه (۱۲/۶۳ درجه بریکس) و کارایی مصرف آب (۱/۲۳ کیلوگرم بر متر مکعب) در گیاهان تیمار شده با اسید هیومیک ۳ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری ۶۰ در صد مشاهده شد. در مقایسه با گیاهان شاهد تحت آبیاری ۱۰۰ در صد، کاربرد اسید هیومیک ۳ کیلوگرم در هکتار تحت آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ در صد، به‌ترتیب باعث افزایش ۲۵ و ۴ در صد مقدار عملکرد میوه شد و در شرایط کم‌آبیاری ۶۰ در صد نیاز آبی با کاهش ۱۱ در صد عملکرد میوه، در مصرف آب ۴۰ در صد صرفه‌جویی شد. با توجه به نتایج، کاربرد اسید هیومیک ۳ کیلوگرم در هکتار جهت بهبود کارایی مصرف آب، عملکرد و کیفیت میوه عروسک پشت پرده گونه پرووینا تحت شرایط آبیاری نرمال و کم‌آبیاری پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: کارایی مصرف آب، کلروفیل کل، مواد جامد محلول، ویتامین ث

مقدمه

عروسک پشت پرده یا فیسالیس (*Physalis peruviana* L.) متعلق به خانواده Solanaceae، گیاهی علفی و بومی آمریکای جنوبی است (Fischer & Miranda, 2012). این گیاه به‌دلیل تولید میوه‌های با خواص دارویی و تغذیه‌ای بالا در جهان به‌طور گسترده مورد توجه قرار گرفته است. میوه عروسک پشت پرده یک منبع طبیعی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، مواد معدنی پتاسیم، فسفر و آهن و ویتامین‌های A، B، C، E و K1 می‌باشد (Ramadan & Mörsel, 2019).

کم‌آبی یک تنش غیرزیستی عمده است که رشد و بهره‌وری گیاهان را به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک محدود می کند (Meng *et al.*, 2016). تنش آبی در سبزی‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا بر عملکرد محصولات سبزی تأثیر می گذارد، به‌ویژه زمانی که در نقطه بحرانی در طول فصل رشد رخ دهد. عموماً همزمان با دمای بالای هوا است که تبخیر و تعرق گیاه را افزایش می‌دهد و در نتیجه، باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فعالیت و عملکرد فتوسنتزی می‌شود (Giordano *et al.*, 2021). کم‌آبی به‌طور کلی، منجر به تغییر در صفات فیزیولوژیکی، موفولوژیکی، اکولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی گیاهان شده و می‌تواند بر کمیت و کیفیت رشد و عملکرد گیاهان تأثیر منفی داشته باشد (Salehi-Lisar & Bakhshayeshan-Agdam, 2020). تنش‌های غیر زیستی را می‌توان با راهبردهای مدیریتی مناسب

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
(*- نویسندهٔ مسئول: Email: nekounam@znu.ac.ir)
۴- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

https://doi.org/10.22067/jhs.2023.80428.1226

کاهش داد. کم‌آبیاری یک راهبرد برای تولید پایدار محصولات کشاورزی در شرایط کمبود آب است که ضمن حفظ عملکرد محصول منجر به صرفه‌جویی در مصرف آب می‌شود (Qin *et al.*, 2019). مطالعات اخیر در گیاه هندوانه (*Citrullus lanatus* L.) نشان داد که کم‌آبیاری در مقایسه با آبیاری کامل بدون آنکه بر عملکرد کل تأثیر بگذارد، راندمان مصرف آب را افزایش داد که با کارآیی مصرف آب محصول همبستگی مثبت داشت (Qin & Leskovar, 2020). در شرایط کمبود آب، میزان آب برگ کاهش می‌یابد و کاهش پتانسیل آب برگ موجب بسته شدن روزنه و در نتیجه، کاهش هدایت روزنه‌ای می‌گردد که این امر در نهایت، باعث کاهش سرعت فتوسنتز و متعاقباً کاهش رشد می‌شود (Bota *et al.*, 2004). اصلانی و همکاران (Aslani *et al.*, 2019) گزارش کردند که با کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۸۰ درصد نیاز آبی در گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon pimpinellifolium* (L.) Mill)، ارتفاع بوته، سطح برگ، کلروفیل و عملکرد بوته کاهش یافت. گزارش شد تنش کم‌آبی شدید در هندوانه، محتوای نسبی آب برگ، پایداری غشای سلولی و عملکرد میوه را کاهش داد، امّا تنش ملایم در شرایط آبیاری قطره‌ای و مالچ پلاستیکی توانست عملکرد تجاری میوه را با افزایش رشد ریشه حفظ کند (Abdelkhalik *et al.*, 2019). اعمال تنش کم‌آبیاری در گوجه‌فرنگی، نه تنها باعث افزایش کارآیی مصرف آب شد بلکه موجب بهبود کیفیت میوه گردید (Favati *et al.*, 2009). کاهش عملکرد توسط تنش کم آبی به‌طور عمده ناشی از کاهش اندازه میوه است که با دو فرآیند محدودکردن کربوهیدرات قابل دسترس با کاهش سرعت فتوسنتز و محدود کردن مستقیم رشد میوه در اثر کاهش تورژسانس سلول در پاسخ به تنش، رشد میوه را محدود می‌کند (Heydarian *et al.*, 2017).

ترکیبات آلی ارگانیک با کاهش رواناب و کمبود مواد غذایی، موجب بهبود حاصلخیزی خاک و پایداری خاک‌دانه‌ها شده که می‌تواند بر تولید محصول تأثیر مثبت بگذارد. بنابراین، سیستم‌های کشاورزی پایدار شامل ترکیبی از آبیاری بهینه و کاربرد ترکیبات آلی ارگانیک می‌تواند در تولید محصولات باغبانی و کاهش مشکلات زیست‌محیطی کمبود آب و تخریب خاک استفاده شود (Qin *et al.*, 2019). امروزه استفاده از ترکیبات آلی مانند اسید هیومیک می‌تواند بسیاری از فرآیندهای موفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاهان را تحت تأثیر قرار داده و منجر به بهبود رشد گیاهان شود. همچنین، کاربرد اسید هیومیک برای افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی مورد توجه قرار گرفته است (Ozfidan-Konakci *et al.*, 2018). نتایج مطالعات نشان داده است که اسید هیومیک از یک سو با توان بالای کلات کنندگی می‌تواند در بهبود فراهمی عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، آهن و روی به‌ویژه در خاک‌های قلیایی و آهکی مؤثر باشد (Ozfidan-Konakci *et al.*, 2018) و از سوی دیگر، همانند یک مخزن عمل کرده و عناصر غذایی خاک را جذب نموده و آن‌ها را به‌موقع در اختیار ریشه گیاهان قرار دهد که بدین‌ترتیب می‌تواند شرایط مناسبی را برای رشد گیاهان فراهم سازد (Turan *et al.*, 2011). اسید هیومیک می‌تواند با بهبود ساختمان خاک و کاهش تبخیر از سطح خاک به نگهداری آب در خاک کمک نموده و سبب بهبود جذب آب توسط گیاهان شود. این ویژگی سبب شده است تا کاربرد اسید هیومیک در شرایط تنش کم‌آبی مورد توجه قرار بگیرد (Ozfidan-Konakci *et al.*, 2018). اصلانی و همکاران (Aslani *et al.*, 2019) گزارش کردند که کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک باعث افزایش ارتفاع بوته و سطح برگ در گوجه‌فرنگی شد. محلول‌پاشی اسید هیومیک در شرایط تنش کم‌آبی بر گیاه خربزه (*Cucumis melo* cv. Zard Jalali)، تعداد و وزن میوه، درصد گوشت میوه و محتوای مواد جامد محلول را افزایش داد (Azizi *et al.*, 2016). گزارش شد که کاربرد خاکی اسید هیومیک در گیاه تربچه رقم هندونه‌ای (*Raphanus sativus* cv. Watermelon)، رشد رویشی، عملکرد غده و محتوای ویتامین ث، آنتوسیانین و مواد جامد محلول کل غده را بهبود بخشید (Barzegar *et al.*, 2021).

اگر چه مطالعاتی زیادی در مورد اثر ترکیبات هیومیک بر گیاهان انجام شده است، امّا اطلاعات کمی در مورد اثرات اسید هیومیک بر رشد و عملکرد و خواص کیفی میوه عروسک پشت پرده در شرایط تنش کم‌آبی وجود دارد، لذا این پژوهش با هدف بررسی اثر اسید هیومیک بر خصوصیات فیزیولوژیکی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی عروسک پشت پرده رقم پرووایانا تحت شرایط کم‌آبیاری انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال ۱۴۰۰ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه) و سه سطح اسید هیومیک (صفر، ۱/۵ و ۳ کیلوگرم در هکتار) که تیمار آبیاری به‌عنوان عامل اصلی و اسید هیومیک به‌عنوان عامل فرعی بود. اسید هیومیک مورد استفاده با نام تجاری هیومکس از شرکت Biotak Gh آمریکا محتوی ۷۹ درصد اسید هیومیک، ۱۲ درصد اکسید پتاسیم و ۱۲ درصد اسید فولویک بود. نتایج حاصل از تجزیه خاک در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties on the site of experimental field

بافت خاک Soil texture	ماده آلی O.M. (%)	پتاسیم Potassium ($g.kg^{-1}$)	سدیم Sodium ($g.kg^{-1}$)	کلسیم Calcium ($g.kg^{-1}$)	نیتروژن Nitrogen (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
لوم رسی Clay loam	0.94	0.2	0.13	0.12	0.07	1.49	7.4

بذرهای عروسک پشت پرده (*Physalis peruviana* L.) در داخل سینی‌های مخصوص کاشت بذر در بستر حاوی پیت‌ماس و پرلیت در گلخانه (دمای ۱±۲۵ روز و ۱±۱۸ شب با رطوبت نسبی ۶۰-۷۰ درصد) کشت شدند. پس از آماده شدن زمین، نشاها در مرحله چهار- پنج برگی به زمین اصلی منتقل شدند. فاصله ردیف‌ها ۱۰۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها ۵۰ سانتی‌متردر نظر گرفته شد. به‌مدت یک هفته به‌طور منظم آبیاری کامل برای همه گیاهان انجام گرفت و پس از استقرار اولیه گیاهان، کاربرد خاکی اسید هیومیک در دو مرحله قبل از گل‌دهی و بعد از گل‌دهی به فاصله ۲۰ روز صورت گرفت. تیمارهای آبیاری یک هفته پس از اولین کاربرد خاکی اسید هیومیک اعمال شد. نیاز آبی گیاه برای شاهد با استفاده از میانگین بلندمدت داده‌های روزانه و داده‌های سال جاری شاخص‌های هواشناسی ثبت شده در ایستگاه هواشناسی زنجان (جدول ۲) و معادله استاندارد فائو- پنمن- مانتیس برآورد گردید (Vaziri *et al.*, 2008).

$$ETc = ET_0 \times K_C \quad (۱)$$

که در این معادله، ETc: نیاز آبی عروسک پشت پرده (میلی‌متر در روز)، ET_0: تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن (میلی‌متر در روز) و K_C: ضریب گیاهی عروسک پشت پرده (بدون واحد) هستند. لازم به توضیح است مقادیر ET_0 براساس روش استاندارد فائو- پنمن- مانتیث برآورد شد. پس از محاسبه مقادیر ET_C، مقادیر نیاز خالص و نیاز ناخالص آب آبیاری گیاه عروسک پشت پرده براساس فواصل کشت، نوع سیستم آبیاری (قطره‌ای- نواری) و دور آبیاری (سه روز) برآورد شد و سپس، در هر نوبت آبیاری به گیاه داده می‌شد. نیـاز آبـی سایر تیمارها (تیمارهای تنش آبی) براساس نیاز آبی شاهد و درصد تنش آبی، برآورد و توزیع شد. در پایان دوره رشد، از هر واحد آزمایشی با حذف اثر حاشیه‌ای از پنج بوته نمونه‌برداری و برای اندازه‌گیری صفات مورد نظر به آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان منتقل شد.

جدول ۲- میانگین پارامترهای هواشناسی ایستگاه سینوپتیک زنجان در دوره رشد (۱۴۰۰)

Table 2- Average daily climatic parameters of Zanjan Synoptic station during the growth season (2021)

	بارندگی Rainfall (mm)	میانگین رطوبت نسبی Average relative humidity (%)	دمای حداقل Minimum temperature (°C)	دمای حداکثر Maximum temperature (°C)
خرداد June	12.4	28	13.0	32.6
تیر July	7.9	31	16.2	34.5
مرداد August	8.8	41	16.3	33.1
شهریور September	0.0	31	16.7	32.8
مهر October	0.5	43	6.7	24.3

صفات مورد ارزیابی

ارتفاع بوته با استفاده از متر بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. به منظور ارزیابی عملکرد و وزن متوسط میوه، میوه‌ها پس از برداشت با ترازوی دیجیتال گرمی وزن شدند. وزن متوسط میوه‌های یک بوته به صورت گرم برآورد شد. همچنین کارایی مصرف آب (WUE)، با تقسیم نمودن عملکرد کل به آب مصرفی در طی فصل رشد بر حسب کیلوگرم در متر مکعب برآورد گردید.

برای سنجش محتوای کلروفیل کل از بافت تازه برگ استفاده شد. ۰/۱ گرم از نمونه‌ها در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد سائیده شد. سپس با دور ۵۰۰۰ به‌مدت پنج دقیقه سانتریفیوژ گردید. میزان جذب محلول روشناور با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر SAFAS MONACO (RS 232) در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت شد. در نهایت، غلظت آن‌ها بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر با استفاده از معادله دو محاسبه گردید که در این معادله، V:

حجم نهایی عصاره کلروفیل در استون ۸۰ درصد، W: وزن تازه بافت استخراج شده و A: جذب در طول موج مشخص می‌باشد (Rajalakshmi & Banu, 2015).

(۲) کلروفیل کل= [20.2 (A645)+ 8.02 (A663)]×V/(W×1000

اسیدیته قابل تیتراسیون براساس اسید آلی غالب اندام گیاهی (اسید مالیک) به‌روش تیتر با سدیم هیدروکسید با استفاده از معادله ۳ اندازه گیری شد (AOAC, 2000). در این معادله، E: اکی والان اسید مورد نظر، N: نرمالیته محلول سدیم هیدروکسید، S: مقدار سدیم هیدروکسید مصرف شده (میلی‌لیتر)، F: فاکتور NaOH و C: مقدار عصاره را نشان می‌دهد.

(۳) اسیدیته قابل تیتراسیون (درصد) = [E×N×S×F/C] ×100

محتوای مواد جامد محلول میوه با استفاده از دستگاه رفرکتومتر مدل ATAGO Brixo-32 اندازه‌گیری شد و میزان مواد جامد محلول بر حسب درصد بریکس بیان شد (Mostofi & Najafi, 2005).

برای اندازه‌گیری اسید آسکوربیک (ویتامین ث) میوه، عصاره به روش متافسفریک استخراج شد. جذب محلول حاصل در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد. غلظت اسید آسکوربیک با استفاده از منحنی استاندارد تهیه شده از غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک در حضور دی‌کلروایندوفنل محاسبه شد (AOAC, 2000).

برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه از رادیکال آزاد DPPH (2,2-Diphenyl- Picryl- Hydrazyl) استفاده شد. ابتدا عصاره‌های گیاهی در غلظت دو گرم در ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد تهیه شد. سپس مخلوطی به نسبت ۱:۱ از محلول (هشت میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر) DPPH و عصاره‌های گیاهی با غلظت‌های متفاوت تهیه شد. جذب نمونه‌ها بعد از ۳۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه در طول موج ۵۱۷ نانومتر اندازه‌گیری شد. درصد مهار رادیکال آزاد DPPH نمونه‌ها از معادله ۵ به‌دست آمد (Sun *et al.*, 2007).

(۵)

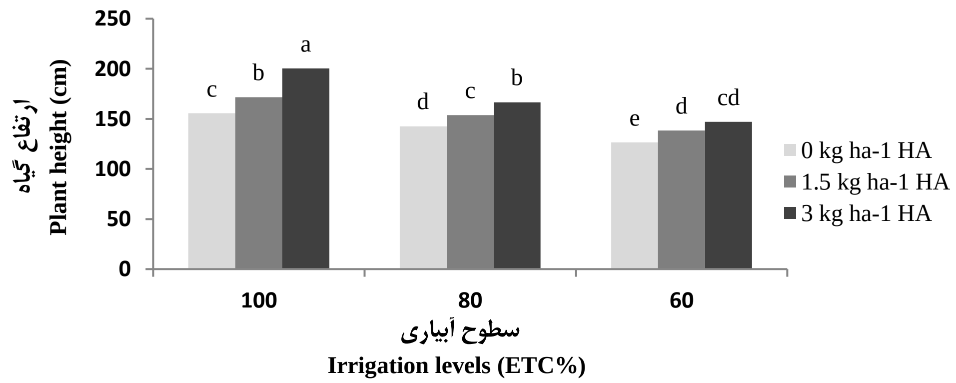
فعالیت آنتی‌اکسیدانی= [(جذب کنترل–جذب نمونه)/جذب کنترل] × 100

آنالیز داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS V9 و مقایسه میانگین داده‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک و پنج درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

اعمال تنش کم‌آبیاری به‌طور معنی‌داری ارتفاع گیاه را کاهش داد و کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش آن گردید. اثرات متقابل تیمار آبیاری و کاربرد اسید هیومیک بر ارتفاع گیاه تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه (۲۰۰/۳ سانتی‌متر) در گیاهان تیمار شده با ۳ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی مشاهده شد و کمترین ارتفاع گیاه (۱۲۶/۶ سانتی‌متر) در شاهد اسید هیومیک تحت شرایط تنش کم‌آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی حاصل شد (شکل ۱).



شکل ۱- اثر اسید هیومیک (HA) بر روی ارتفاع گیاه عروسک پشت پرده تحت شرایط کم‌آبیاری

Figure 1- The effect of humic acid on the plant height of *Physalis peruviana* under deficit irrigation. (DMRT, *p≤0.05*)

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر اسید هیومیک بر رشد، عملکرد و کارایی مصرف آب گیاه عروسک پشت پرده تحت شرایط کم‌آبیاری

Table 3- ANOVA for the effects of humic acid on the growth, yield and water use efficiency of Cape gooseberry under deficit irrigation

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	Mean of Squares			
		ارتفاع گیاه Plant height	کلروفیل کل Total chlorophyll	عملکرد میوه در بوته Fruit yield per plant	کارایی مصرف اب Water use efficiency
تکرار Replication	2	3.3703	0.01	67.3	0.4469
آبیاری irrigation	2	3360.259**	1.424**	7900.765**	0.2464**
خطای کرت اصلی Error (Main plot)	4	24.3703	0.013	196.582	0.0095
اسید هیومیک Humic acid	2	1991.592**	0.414**	2848.960**	0.089**
آبیاری× اسیدهیومیک Irrigation×humic acid	4	145.092**	0.465**	389.977*	0.0908**
خطای کرت فرعی Error (sub plot)	12	24.75	0.011	88.49	0.0041
ضریب تغییرات C.V (%)	-	3.19	6.02	5.3	6.53

ns، ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, and significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively.

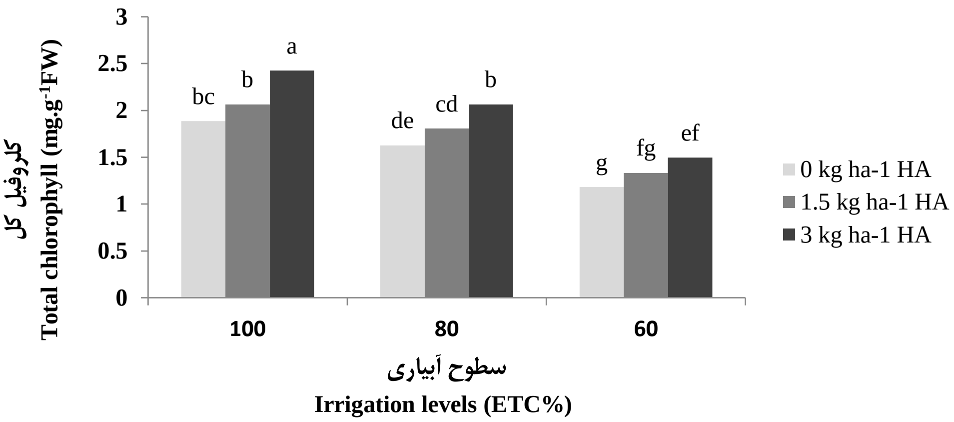
نتایج آزمایش حاضر نشان داد که ارتفاع بوته عروسک پشت پرده تحت آبیاری کامل بیشتر از شرایط کم‌آبیاری بود. کاهش ارتفاع گیاه به این دلیل است که تنش کم‌آبیاری باعث کاهش تقسیمات سلولی شده و رشد رویشی گیاه را کاهش می‌دهد. کمبود آب سبب کاهش فشار آماس می‌گردد و از آنجایی‌که توسعه و رشد سلول وابسته به فشار آماس می‌باشد، نمو سلول کاهش و اندازه کوچک‌تر می‌گردد و در نتیجه، ارتفاع بوته کاهش می‌یابد، به‌گونه‌ای که افزایش تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها و در نتیجه، رشد گیاه مستلزم آبیاری مناسب می‌باشد (Seyfi & Rashidi, 2007). تقدسی‌نیا و همکاران (Taghdasinia *et al.*, 2020) گزارش کردند که کاهش طول بوته در اثر تنش کم‌آبیاری به‌دلیل کاهش جذب آب، سطح برگ، فتوسنتز و در نتیجه، کاهش میزان آسمیلات می‌باشد. رشد سلول که یکی از فرایندهای فیزیولوژیکی حساس به کم‌آبی است، به‌دلیل کاهش در فشار تورژسانس، در شرایط تنش کم‌آبیاری کاهش می‌یابد. اختلال در تقسیم میتوز و توسعه و طویل شدن سلول منجر به کاهش ارتفاع بوته، سطح برگ و رشد گیاه در این شرایط می‌شود (Hussain *et al.*, 2008). نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های برزگر و همکاران (Barzegar *et al.*, 2011) مبنی بر اثرات تنش کم‌آبیاری بر کاهش طول بوته مطابقت دارد.

کاربرد ترکیبات هیومیکی موجب افزایش عناصر پرمصرف و کم مصرف (روی، منگنز و مس) در خاک می‌شود که با ظرفیت ترکیبات هیومیکی در کاهش pH خاک و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با کاهش جذب سطحی عناصر مرتبط است (Liang *et al.*, 2006).

اسید هیومیک از طریق تأثیر بر غشا و در نتیجه، بهبود انتقال عناصر غذایی، افزایش سنتز پروتئین و فتوسنتز بر رشد گیاهان تأثیرگذار است (Dalvand *et al.*, 2018). همچنین، اسید هیومیک به–عنوان یک هورمون تنظیم‌کننده رشد، موجب افزایش هورمون‌های اکسین، جیبرلین و سایتوکنین می‌شود که با افزایش این هورمون‌ها طول ساقه و ارتفاع بوته افزایش یافته و رشد گیاه را بهبود می‌بخشد (Calvo *et al.*, 2014). در یک مطالعه بر روی ذرت، مشاهده کردند که اسیدهای هیومیک فعالیت ATPase در سلول‌های ریشه را افزایش داده و باعث افزایش در سطح ریشه و در نتیجه، منجر به افزاش رشد گیاه می‌گردد (Canellas *et al.*, 2009). اثر مثبت اسید هیومیک در افزایش ارتفاع بوته در گوجه‌فرنگی (Aslani *et al.*, 2019) و اسفناج (*Spinacia Oleracea* var. spinoza) (Ayas & Gulser, 2005) نیز گزارش شده است.

کلروفیل کل برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده تیمار آبیاری و اسید هیومیک و اثر متقابل آن‌ها در سطح یک درصد بر میزان کلروفیل کل معنی‌دار گردید (جدول ۳). با اعمال تنش کم‌آبی، محتوای کلروفیل برگ کاهش یافت و کاربرد خاکی اسید هیومیک باعث افزایش محتوای کلروفیل کل گردید. با توجه به نتایج، بیشترین مقدار کلروفیل کل (۲/۴۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در گیاهان تیمار شده با سطح ۳ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کمترین مقدار آن در شاهد در شرایط آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست آمد (شکل ۲).



شکل ۲- اثر اسید هیومیک (HA) بر محتوای کلروفیل کل برگ عروسک پشت پرده تحت شرایط کم‌آبیاری

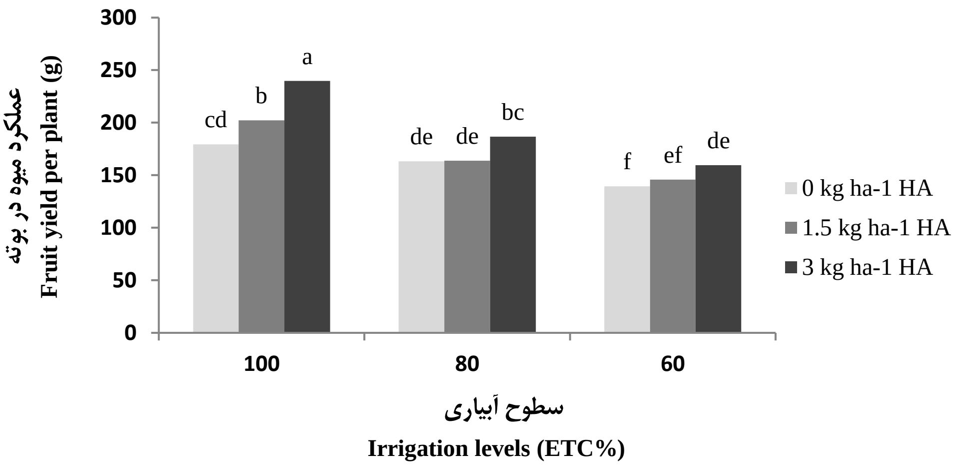
Figure 2- The effect of humic acid on the total chlorophyll content of *Physalis peruviana* under deficit irrigation. (DMRT, *p≤0.05*)

از عوامل مؤثر بر کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش کم‌آبی، افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن در سلول است که این رادیکال‌های آزاد سبب پراکسیداسیون و در نتیجه، تجزیه این رنگدانه‌ها می‌گردند (Xiao *et al*., 2008). از طرف دیگر، در شرایط تنش، به‌دلیل کاهش کارآیی استفاده از کربن و افزایش تولید اتانول و لاکتات و در نتیجه، افزایش تنفس و تولید اتیلن منجر به فعال‌سازی آنزیم‌های مسیر کاتابولیسم کلروفیل (کلروفیلاز، پراکسیداز و لیپوکسیژناز) شده و به این ترتیب، کلروفیل تحت تأثیر این آنزیم‌ها تجزیه می‌شود (Dalal & Tripathy, 2012). در بررسی اثر تنش خشکی روی دو رقم گوجه فرنگی کاهش کلروفیل a و b تحت تنش در سطح ۴۰ و ۶۰ درصد گزارش شد (Ghorbanli *et al*., 2013).

در بین عناصر غذایی، نیتروژن و آهن سهم مهمی در ساخت کلروفیل گیاه دارند. کاربرد اسید هیومیک احتمالاً با افزایش قابل توجه جذب نیتروژن و آهن در گیاه موجب افزایش محتوای کلروفیل برگ گردیده است (Abdel Mawgoud *et al*., 2007). در پژوهشی گزارش کردند که محتوای کلروفیل برگ با جذب اکسیژن وابسته است و کاربرد اسیدهیومیک، اکسیژن کافی را به اندام‌های سلولی می‌رساند و اسیدهای آلی مثل اسید هیومیک و اسیدفولویک غلظت mRNA را در سلول‌های گیاهی افزایش می‌دهد (Ferrara & Brunetti, 2008). نتایج این پژوهش با نتایج حاصل در گیاه گوجه‌فرنگی هم‌خوانی دارد که بیان کردند کاربرد اسید هیومیک تحت تنش کم‌آبیاری مانع از کاهش محتوای کلروفیل گردید (Aslani *et al*., 2019). همچنین در پژوهشی دیگر، محققین مشاهده کردند که کاربرد خاکی اسید هیومیک در تربچه، به‌طور معنی‌داری محتوای کلروفیل برگ را نسبت به شاهد افزایش داد (Barzegar *et al*., 2021).

عملکرد میوه در بوته

اعمال تنش کم‌آبیاری به‌طور معنی‌داری عملکرد میوه در بوته را کاهش داد و کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش مقدار عملکرد میوه گردید (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد میوه (۲۳۹/۶ گرم در بوته) در گیاهان تیمار شده با ۳ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک تحت شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی مشاهده شد و کمترین مقدار آن‌ها در شاهد اسید هیومیک تحت شرایط تنش کم‌آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی حاصل شد (شکل ۳). با توجه به نتایج، میزان تولید میوه در گیاهان شاهد تغذیه نشده با اسید هیومیک تحت آبیاری ۱۰۰ درصد، ۱۷۹/۳ گرم بود و در گیاهان تغذیه شده با اسید هیومیک ۳ کیلوگرم در هکتار در شرایط کم‌آبیاری ۸۰ درصد، مقدار میوه در بوته ۱۸۶/۶ گرم بود که نشان می‌دهد با کاربرد خاکی ۳ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک می‌توان با تولید محصول بیشتر در مقایسه با گیاهان شاهد تحت آبیاری ۱۰۰، در مصرف آب ۲۰ درصد صرفه‌جویی کرد (شکل ۳).



شکل ۳- اثر اسید هیومیک (HA) بر مقدار عملکرد میوه عروسک پشت پرده تحت شرایط کم‌آبیاری

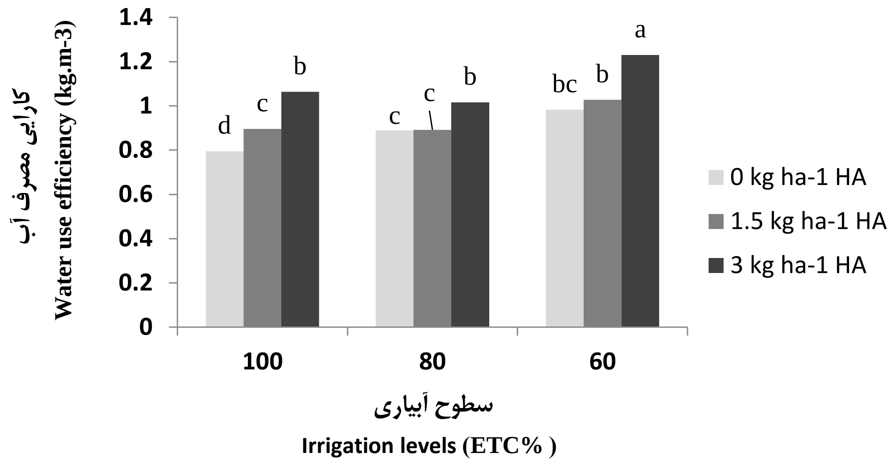
Figure 3- The effect of humic acid on the fruit yield of *Physalis peruviana* under deficit irrigation. (DMRT, $p \leq 0.05$)

هر گیاهی جهت تولید میوه بیشتر و رشد مناسب آن‌ها و به عبارتی، دستیابی به عملکرد بالا، نیازمند رشد رویشی مناسب و داشتن ذخایر غذایی کافی است. این رشد مناسب در صورت جذب بهینه و کافی آب و عناصر غذایی توسط ریشه‌ها میسر خواهد شد (Turhan & Eris, 2005). برای انجام فتوسنتز، توسعه سطح برگ و تبادلات گازی، باز بودن روزنه‌ها ضروری است. بنابراین، در اثر کمبود آب و بسته شدن روزنه‌ها تبادلات گازی کاهش یافته، دی‌اکسیدکربن کمتری در دسترس گیاهان قرار می‌گیرد و شدت فتوسنتز کاهش می‌یابد، همچنین تنش کم‌آبی عمدتاً رشد برگ و در نتیجه، سطح برگ را در بسیاری از گونه‌ها کاهش می‌دهد که این امر موجب کاهش تولید مواد فتوسنتزی می‌گردد. کاهش رشد و عملکرد می‌تواند به‌دلیل کاهش جذب عناصر مغذی پرمصرف و کم‌مصرف باشد که منجر به کاهش سطح برگ و محتوای کلروفیل و در نتیجه، فتوسنتز می‌شود (Atilgan *et al.*, 2022). کاهش فتوسنتز منجر به کاهش رشد و عملکرد تولیدی در گیاهان خواهد شد (Farooq *et al.*, 2009). در مطالعه انجام شده در کاهو (*Lactuca sativa* L.) با کاهش میزان آبیاری از ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ۷۰ درصد نیاز آبی، تعداد برگ و عملکرد بوته کاهش یافت (Khani *et al.*, 2020).

اسید هیومیک با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، ظرفیت نگهداری آب در خاک و همچنین، ایفای نقش بر روی نفوذپذیری غشا به‌عنوان ناقل پروتئین، فعال کردن تنفش، چرخه کربس، فتوسنتز و تولید آمینواسید و آدنوزین‌تری‌فسفات باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان شود (Muscolo *et al.*, 2013). اسید هیومیک با گسترش سیستم ریشه می‌تواند در کاهش اثرات تنش کم‌آبی کاربرد زیادی داشته باشند (Hartz & Bottoms, 2010). علاوه‌براین اسید هیومیک حاصلخیزی خاک را بهبود بخشیده، قابلیت دسترسی و جذب عناصری نظیر نیتروژن، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن، روی و مس را افزایش داده و در نتیجه، موجب افزایش رشد گیاه و عملکرد می‌شود (Chowdhury *et al.*, 2017). نتایج این پژوهش با نتایج کاربرد اسید هیومیک در گیاه خیار (*Cucumis sativus* L.) (El-Nemar *et al.*, 2012)، فلفل [(*Capsicum annum* L.) cv. Demre sivrisi] (Karakurt *et al.*, 2009) و بامیه (*Abelmoschus esculentus* L. 'Kano') (Barzegar *et al.*, 2017) همخوانی دارد.

کارایی مصرف آب

نتایج به‌دست آمده نشان داد که اعمال تنش کم‌آبیاری، کارایی مصرف آب به‌طور معنی‌داری افزایش داد. همچنین، کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش کارایی مصرف آب گردید (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین کارایی مصرف آب (۱/۲۳ کیلوگرم در متر مکعب) در گیاهان تیمار شده با ۳ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک تحت شرایط آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی حاصل شد. کاربرد اسید هیومیک ۳ کیلوگرم در هکتار در تیمارهای آبیاری ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌ترتیب موجب افزایش ۳۵/۳۶، ۲۱/۷۵ و ۲۵/۲ درصد کارایی مصرف آب در مقایسه با گیاهان تیمار نشده با اسید هیومیک، تحت آبیاری ۱۰۰ درصد شد (شکل ۴). نتایج این پژوهش با نتایج به‌دست آمده در هندوانه (Qin & Leskovar, 2020) و گوجه‌فرنگی (Aslani *et al.*, 2019) همخوانی دارد.



شکل ٤- اثر اسید هیومیک (HA) بر کارآیی مصرف آب گیاه عروسک پشت پرده تحت شرایط کم‌آبیاری

Figure 4- Effect of humic acid on water use efficiency of *Physalis peruviana* under deficit irrigation. (DMRT, *p≤0.05*)

با توجه به محدودیت منابع آب، یافتن راهکارهایی جهت حفظ آب و بالا بردن کارایی مصرف آب در گیاهان ضروری است (Alenazi *et al.*, 2015). کارایی مصرف آب با توانایی یک گیاه برای جذب غلظت های بالاتری از کربن (دلالت بر حفظ میزان فتوسنتز بالا) همراه است و از دست دادن آب را از طریق کنترل باز و بسته شدن روزنه‌ها محدود می‌کند (Flexas *et al.*, 2013). به نظر می‌رسد کاربرد اسید هیومیک در شرایط آبیاری مطلوب و تنش متوسط کم‌آبیاری، از طریق افزایش رشد ریشه و جذب عناصر غذایی و در نتیجه، ارتقای توان فتوسنتزی گیاه، عملکرد میوه عروسک پشت پرده و در نهایت، کارایی مصرف آب را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. در بررسی تأثیر کاربرد اسید هیومیک بر کارایی مصرف آب و شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد ذرت در شرایط کم‌آبیاری گزارش شد که کاربرد اسید هیومیک به‌میزان ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر در طی دوره رشد، افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب را به دنبال دارد (Shahhosseini *et al.*, 2012). کاربرد مواد آلی هیومیکی در یک سیستم رشد محصول چه به‌صورت محلول‌پاشی برگی یا کاربرد خاکی یک راهبرد تکمیلی برای بهبود رشد محصول و کارایی مصرف آب است. ترکیبات هیومیکی با القای فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می تواند به گیاهان در عملکرد روزنه‌ها کمک کند، در نتیجه روزنه‌ها را تحت تنش خشکی به‌طور مؤثرتری می بندد، که منجر به حفظ آب گیاه می شود (Aguiar *et al.*, 2016).

اسیدیته قابل تیتراسیون

براساس نتایج (جدول ۴)، اعمال تنش کم‌آبیاری به‌طور معنی‌داری (P ≤۰/۰۱) اسید کل میوه را کاهش داد و کاربرد خاکی اسید هیومیک منجر به افزایش آن گردید، ولی بین سطوح مختلف اسید هیومیک تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. با توجه به نتایج مقایسه اثرات متقابل، بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون (۱/۸۱ و ۱/۷۶ درصد) با کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به‌ترتیب در شرایط آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست‌آمد که تفاوت معنی‌داری با سطح ۱/۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک نداشت و کمترین مقدار آن در شرایط آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی در تیمار صفر اسید هیومیک (شاهد) به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سطوح ۱/۵ و ۳ کیلوگرم در هکتار نداشت (شکل ۵).

اسیدها جزء ترکیبات مهم در ایجاد طعم میوه‌ها محسوب می‌شوند. گزارش شده است که در انگور رقم مرلوت (*Vitis vinifera* cv. Merlette) میزان اسیدیته کل برای تیمار تنش خشکی همواره کمتر از شاهد بود. این نشان می‌دهد که بوته‌هایی که به‌طور مستمر آبیاری شده مقدار اسیدیته کل بالائی دارند (Rabiei *et al.*, 2003). همچنین، در پژوهشی در کاهو گزارش شد که با کاهش میزان آبیاری از اسیدیته کل برگ‌های کاهو کاسته شد (Khani *et al.*, 2019). بالاترین اسیدیته قابل تیتراسیون میوه با ۳ گرم در لیتر اسید هیومیک به‌دست آمد که نتیجه مشابهی نیز توسط امینی‌فرد و همکاران در فلفل گزارش شده است (Aminifard *et al.*, 2012).

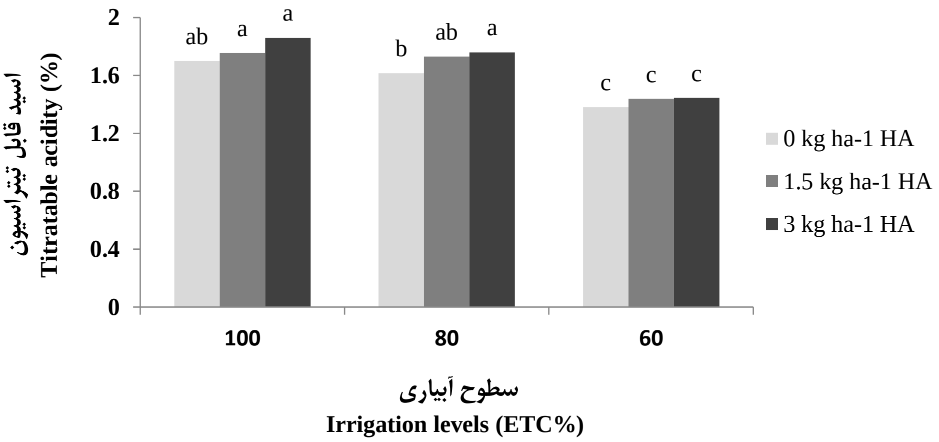
جدول ٤- تجزیه واریانس اثر اسید هیومیک بر خواص کیفی میوه عروسک پشت پرده تحت شرایط کم‌آبیاری

Table 4- ANOVA for the effects of humic on some qualitative properties of *Physalis peruviana* fruit under deficit irrigation

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	Mean squares		
		اسید قابل تیتراسیون Titratable acidity	مواد جامد محلول Total soluble solids	ویتامین ث Vitamin C
تکرار Replication	2	0.700	0.006	0.0179
آبیاری irrigation	2	13.068**	0.295**	38.617**
خطای کرت اصلی Main plot error	4	0.372	0.001	0.134
اسید هیومیک Humic acid	2	3.789**	0.028*	7.377**
آبیاری× اسیدهیومیک Irrigation×humic acid	4	2.515**	0.081**	11.649**
خطای کرت فرعی Error (sub plot)	12	0.234	0.005	0.241
ضریب تغییرات C.V (%)	-	4.3	4.0	2.99

ns، ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, and significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively.



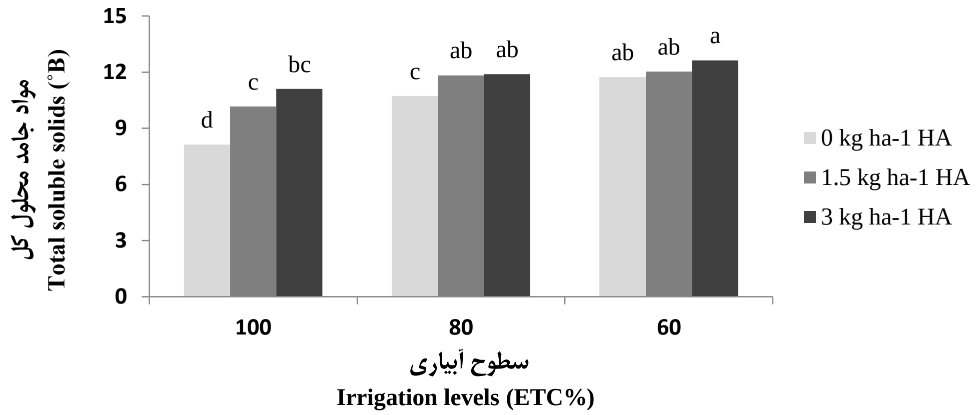
شکل ۵- اثر اسید هیومیک (HA) بر درصد اسید قابل تیتراسیون میوه عروسک پشت پرده تحت شرایط کم‌آبیاری

Figure 5- The effect of humic acid on the titratable acidity of *Physalis peruviana* under deficit irrigation. (DMRT, $p\leq0.05$)

این احتمال وجود دارد که زمان استفاده از کودهای آلی مانند اسید هیومیک برای حفظ نسبت کربن به نیتروژن در گیاهان، کربن اضافی ممکن است برای تولید اسیدهای آلی مانند اسید سیتریک و اسید مالیک که مسئول اسیدیته میوه هستند، استفاده شده باشد (Toor *et al.*, 2006). همچنین، در پژوهشی در گیاه گوجه‌فرنگی نشان داده شد که اسید هیومیک با افزایش نفوذپذیری غشای سلولی، ورود پتاسیم را تسهیل نمود و افزایش پتاسیم باعث افزایش اسیدیته قابل تیتراسیون گردید (Wang *et al.*, 2009).

مواد جامد محلول

با اعمال تنش کم‌آبیاری، میزان مواد جامد محلول در میوه عروسک پشت پرده افزایش یافت. میزان مواد جامد محلول از ۸/۱ درصد بریکس در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ۱۱/۷ درصد بریکس در تیمار کم‌آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه رسید. اسید هیومیک همچنین باعث افزایش میزان مواد جامد محلول شد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار کم‌آبیاری و اسید هیومیک نشان داد که تیمار ۳ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک در شرایط کم‌آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه عروسک پشت پرده بیشترین مقدار مواد جامد محلول را داشت (شکل ۶) که با نتایج به‌دست آمده در گوجه‌فرنگی (Barzegar *et al.*, 2019) مطابقت دارد.



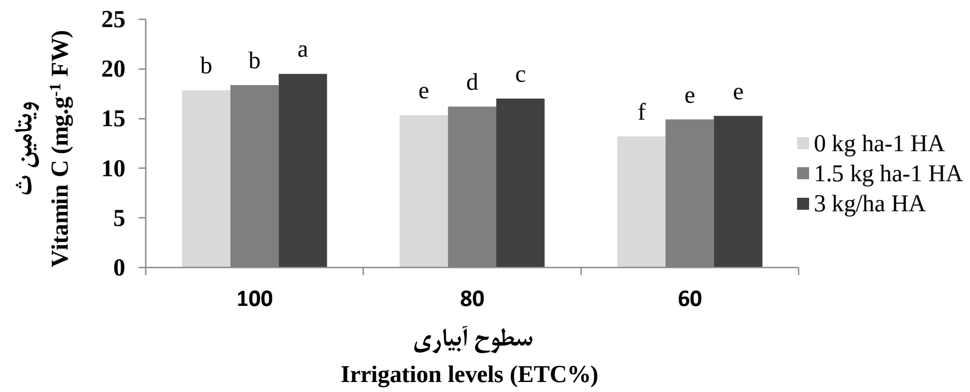
شکل ٦- اثر اسید هیومیک (HA) بر محتوای مواد جامدمحلول کل میوه عروسک پشت پرده تحت شرایط کم‌آبیاری

Figure 6- The effect of humic acid on the total soluble solid content of *Physalis peruviana* under deficit irrigation. (DMRT, $p≤0.05$)

مقادیر مواد جامد محلول به‌عنوان درصدی از وزن تر، ارتباط بسیار نزدیکی با مقادیر قند کل نشان می‌دهد و به‌عنوان یک مشخصه کیفی مهم در نظر گرفته می‌شود. کاهش آبیاری منجر به کاهش محتوای آب میوه شده و در نتیجه، باعث بهبود مقدار مواد جامد محلول میوه می‌شود (Zhang *et al*., 2017). افزایش تنفس در تنش کم‌آبیاری باعث شکسته شدن پلی‌ساکاریدها و تبدیل آن‌ها به ترکیبات ساده‌تر و افزایش مواد جامد محلول می‌شود (Ivan Garcia *et al*., 2011). اسید هیومیک با بهبود تولید قند، پروتئین و ویتامین در گیاه و نیز با تأثیر مثبتی که بر جنبه‌های فتوسنتز دارد، محتوای غذایی محصولات را افزایش می‌دهد (Nardi *et al*., 2002). همچنین، کاربرد اسید هیومیک تولید رنگیزه‌های کلروفیلی را تحریک می‌کند و در نتیجه آن باعث افزایش فتوسنتز و رشد گیاه می‌شود. با گسترش سطح فتوسنتز، تولید آسمیلات‌ها نیز زیاد شده و این باعث افزایش میزان مواد جامد محلول میوه می‌شود (Asri *et al*., 2015). نتایج به‌دست آمده از این تحقیق با نتایج حاصل روی محصولات گوجه‌فرنگی (Aslani *et al*., 2019) و فلفل (Karakurt *et al*., 2009; Aminifard *et al*., 2012) در یک راستا می‌باشد.

ویتامین ث

اعمال تنش کم‌آبیاری به‌طور معنی‌داری مقدار ویتامین ث میوه را کاهش داد و کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش مقدار ویتامین ث گردید (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار ویتامین ث (۱۹/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در میوه گیاهان تیمار شده با اسید هیومیک ۳ کیلوگرم در هکتار، تحت شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کمترین مقدار آن (۱۵/۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در شاهد تحت شرایط آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی حاصل شد (شکل ۷).



شکل ۷- اثر اسید هیومیک (HA) بر محتوای ویتامین ث میوه عروسک پشت پرده تحت شرایط کم‌آبیاری

Figure 7- The effect of humic acid on the vitamin C content of *Physalis peruviana* fruit under deficit irrigation. (DMRT, $p≤0.05$)

ویتامین ث یک ترکیب ضروری برای گیاهان، با نقش‌های مهم به صورت یک آنتی‌اکسیدان و تعدیل‌کننده رشد گیاه از طریق پیام‌رسانی هورمونی است. علاوه‌براین، نقش مهمی در رشد گیاه، فتوسنتز و فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز دارد (Cavusoglu & Bilir, 2015). در بررسی انجام شده روی انگور (Zonouri et al., 2014) و خربزه (Sharma et al., 2014) کم‌آبیاری باعث کاهش قابل توجهی در مقدار ویتامین ث شده است. چون ویتامین ث از اسیدهای آلی می‌باشد، به‌دلیل دمای زیاد ایجاد شده ناشی از تنش کم‌آبی، تنفس افزایش یافته، بنابراین اسیدها به‌عنوان سوبسترا در پدیده تنفسی شرکت می‌کنند. این امر باعث کاهش اسیدیته کل و در نتیجه، باعث کاهش ویتامین ث در اثر تنش کم‌آبی می‌شود (Sharma et al., 2014). همچنین با توجه به اینکه مسیر سنتز ویتامین ث از D- گلوکز، آغاز شده است، کاهش میزان ویتامین ث ممکن است به کاهش سطح سنتز D- گلوکز نسبت داده شود که در طول دوره تنش اتفاق می‌افتد (Mahendran & Bandara, 2000). کودهای آلی با جذب رطوبت و مواد غذایی خاک مدت زمان زیادی در خاک باقی مانده و باعث بهبود ساختار خاک شده و به‌طور غیرمستقیم نیز باعث افزایش ویتامین ث میوه‌های تولیدی شده است (Mahmoudi et al., 2016). افزایش ویتامین ث می‌تواند به‌وسیله نقش اسید هیومیک در گسترش قابلیت دسترسی مواد غذایی توجیه شود. کاربرد اسید هیومیک، دسترسی به عناصری چون فسفر و پتاسیم را بیشتر کرده و این امر نیز باعث افزایش میان ویتامین ث میوه شده است (Yildirim, 2007). نتایج به‌دست آمده از این تحقیق با نتایج حاصل از بررسی‌هایی انجام شده بر روی فلفل (Aminifard et al., 2012) و تربچه (Barzegar et al., 2021) مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از آزمایش می‌توان بیان نمود که کم‌آبیاری تأثیر معنی‌داری بر رشد و عملکرد گیاه عروسک پشت پرده داشت. با اعمال کم‌آبیاری مواد جامد محلول و کارایی مصرف آب افزایش افزایش یافت. استفاده از اسید هیومیک اثرات مثبت و معنی‌داری بر عملکرد و کیفیت میوه عروسک پشت پرده در شرایط آبیاری نرمال و کم‌آبیاری داشت، به‌طوری‌که سبب افزایش ارتفاع گیاه، وزن میوه و کارایی مصرف آب گیاه گردید. در نهایت، با توجه به اینکه استفاده از اسید هیومیک ۳ کیلوگرم در هکتار منجر به حفظ کلروفیل برگ، افزایش ویتامین ث، اسیدیته قابل تیتراسیون، کارایی مصرف آب و عملکرد میوه در بوته شد. بنابراین، براساس نتایج حاصل و با توجه به بحران کم‌آبی کنونی، استفاده از اسید هیومیک ۳ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری نرمال و کم‌آبیاری در جهت تعدیل اثرات مضر تنش کم‌آبی و بهبود عملکرد و کیفیت میوه عروسک پشت پرده می‌تواند مفید واقع شود.

References

1- Abdelkhalik, A., Pascual-Seva, N., Najera, I., Giner, A., Baixauli, C., & Pascual, B. (2019). Yield response of seedless watermelon to different drip irrigation strategies under Mediterranean conditions. *Agricultural Water Management*, *212*, 99–110. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.08.044

2- Abdel-Mawgoud, A.M.R., El-greadly, N.H.M., Helmy, Y.I., & Singer, S.M. (2007). Responses of tomato plants to different rates of humic-based fertilizer and NPK fertilization. *Journal of Applied Sciences Research*, 3, 169-174.

3- Aguiar, N.O., Medici, L.O., Olivares, F.L., Dobbss, L.B., Torres-Netto, A., Silva, S.F., Novotny, E.H., & Canellas, L.P. (2016). Metabolic profile and antioxidant responses during drought stress recovery in sugarcane treated with humic acids and endophytic diazotrophic bacteria. *Annals of Applied Biology*, *168*, 203–213. https://doi.org/10.1111/aab.12256

4- Alenazi, M., Abdel-Razzak, H., Ibrahim, A., Wahb-Allah, M., & Alsadon, A. (2015). Response of muskmelon cultivars to plastic mulch and irrigation regimes under greenhouse conditions. *Journal of Animal and plant Sciences*, *25*(5), 1398-1410.

5- Aminifard, M.H., Aroiee, H., Azizi, M., Nemati, H., & Jaafar, H.Z.E. (2012). Effect of humic acid on antioxidant activities and fruit quality of hot pepper (*Capsicum annuum*). *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plant*, *18*, 360-369. https://doi.org/10.1080/10496475.2012.713905

6- AOAC. (2000). Official method of analysis of the association of official analytical chemists. Washington D.C 12, 377-378.

7- Aslani, S., Barzegar, T., & Nikbakht, J. (2019). Effect of foliar application of humic acid on growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon pimpinellifolium* (L.) Mill) under irrigation deficit stress. *Plant Process and Function*, *8*(32), 69-83. (In Persian with English abstract)

8- Atilgan, A., Rolbiecki, R., Saltuk, B., Jagosz, B., Arslan, F., Erdal, I., & Aktas, H. (2022). Deficit irrigation stabilizes fruit aield and Alters leaf macro and micronutrient onccentration in tomato cultivation in greenhouses: A case study in Turkey. *Agronomy*, *12*, 2950. https://doi.org/10.3390/agronomy1212295
9- Asri, F.O., Ari, N., & Demirtas, E.I. (2015). Change in fruit yield, quality and nutrient concentration in response to soil humic acid applications in processing tomato. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, *21*(3), 585-591.
10-Ayas, H., & Gulser, F. (2005). The effects of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach (*Spinacia Oleracea* var. spinoza). *Journal of Biological Sciences*, *5*(6), 801–804.
11-Azizi, Z., Barzegar, T., & Gharmani, Z. (2016). Effect of humic acid and salicylic acid on fruit yield and quality of "Zard Jalali" melon under water stress. *Journal of Agricultural Agriculture*, *19*(2), 378-400. (In Persian with English abstract)
12-Barbagallo, R.N., Chisari, M., & Patané, C. (2012) Polyphenol oxidase total phenolics and ascorbic acid changes during storage of minimally processed 'California Wonder' and 'Quadrato d'Asti' sweet peppers. *Food Science and Technology*, *49*, 192–196. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.06.023
13-Barzegar, T., Delshad, M., Majdabadi, A., Kashi, A., & Ghashghaei, J. (2011). Effects of water stress on yield, growth and some physiological parameters in Iranian melon. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *42*(4), 357-363. (In Persian with English abstract)
14-Barzegar, T., Esfahani, Z., Ghahrani, Z., & Nikbakht, J. (2019). Investigating some physiological and biochemical responses of Rio Grande variety tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Rio Grande) to foliar application of biostimulant under water stress. *Plant Process and Function*, *8*(29), 229-239. (In Persian)
15-Barzegar, T., Mahmoodi, S., Nekounam, F., Ghahremani Z., & Khademi, O. (2021). Effects of humic acid and cytokinin on yield, biochemical attributes and nutrient elements of radish (*Raphanus sativus* L.) cv. Watermelon, *Journal of Plant Nutrition*, *45*(1),1-17. https://doi.org/10.1080/01904167.2021.2003395
16-Barzegar, T., Moradi, P., Hasanzadeh, Z., Ghahrani, Z., & Nikbakht, J. (2017). Evaluation of growth, yield and vitamin C content of okra with application of putrescine and humic acid under deficit irrigation stress. *Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, *28*(1), 109-123. (In Persian with English abstract)
17-Bernstein, N., Shoresh, M., Xu, Y., & Huang, B. (2010). Involvement of the plant antioxidative response in the differential growth sensitivity to salinity of leaves vs roots during cell development. *Free Radical Biology and Medicine*, *49*(7), 1161-1171. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2010.06.032
18-Bota, J., Flexas, J., & Medrano, H. (2004). Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress? *New Phytolgist*, *162*, 671-681. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01056.x
19-Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J.W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, *383*(1-2), 3-41. https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8
20-Canellas, L.P., Silva, S.F., Olk, D.C., & Olivares, F.L. (2015). Foliar application of plant growth-promoting bacteria and humic acid increase maize yields. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, *13*, 131-138.
21-Cavusoglu, K., & Bilir, G. (2015). Effects of ascorbic acid on the seed germination, seedling growth and leaf anatomy of barley under salt stress. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, *10*(4), 124-129.
22-Chowdhury, J.A., Karim, M.A., Khaliq, Q.A., Ahmed, A.U., & Mondol, A.M. (2017). Effect of drought stress on water relation traits of four soybean genotypes. *SAARC Journal of Agriculture*, *15*(2), 163-175. https://doi.org/10.3329/sja.v15i2.35146
23-Dalal, V.K., & Tripathy, B.C. (2012). Modulation of chlorophyll biosynthesis by water stress in rice seedlings during chloroplast biogenesis. *Plant Cell and Environment*, *35*, 1685-1703. https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2012.02520.x
24-Dalvand, M., Solgi, M., & Khaleghi, A. (2018). Effects of foliar application of humic acid and drought stress on growth and physiological characteristics of marigold (*Taget erecta*). *Journal of Soil and Plant Interactions*, *9*(2), 67–80. (In Persian). https://doi.org/10.29252/ejgcst.9.2.67
25-El-Nemr, M.A., El-Desuki, M., El-Bassiony, A.M., & Fawzy, Z.F. (2012). Response of growth and yield of cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) to different foliar applications of humic acid and bio-stimulators. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, *6*, 630-637.
26-Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S.M.A. (2009). Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, *29*, 185–212. https://doi.org/10.1051/agro:2008021
27-Favati, F., Lovelli, S., Galgano, F., Miccolis, V., Di Tommaso, T., & Candido, V. (2009). Processing tomato quality as affected by irrigation scheduling. *Scientia Horticulturae*, *122*(4), 562–571. https://doi/10.1016/j.scienta.2009.06.026

28-Ferrara, G., & Brunetti, G. (2008). Influence of foliar applications of humic acids on yield and fruit quality of table grape cv. Italia. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, *42*, 79–87. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2008.42.2.822

29-Fischer, G., & Miranda, D. (2012). Uchuva (*Physalis peruviana* L.), In Fischer, G. (Ed.). Manual para el cultivo de frutales en el trópico. *Produmedios, Bogotá*, *4*(22), 851-873.

30-Flexas, J., Niinemets, U., Galle, A., Barbour, M.M., Centritto, M., Diaz-Espejo, A., Douthe, C., Galmes, J., Ribas-Carbo, M., Rodriguez, P.L., & Rossello, F. (2013). Diffusional conductances to CO_2 as a target for increasing photosynthesis and photosynthetic water use efficiency. *Photosynthesis Research*, *117*(1-3), 45-59. https://doi.org/10.1007/s11120-013-9844-z

31-Giordano, M., Petropoulos, S.A., & Rouphael, Y. (2021). Response and defence mechanisms of vegetable crops against drought, heat and salinity stress. *Agriculture*, *11*, 463. https://doi.org/10.3390/ agriculture11050463

32-Ghorbanli, M., Gafarabad, M., Amirkian, T., & Allahverdi Mamaghani, B. (2013). Investigation of proline, total protein, chlorophyll, ascorbate and dehydroascorbate changes under drought stress in Akria and Mobil tomato cultivars. *Iranian Journal of Plant Physiology*, *3*, 651-658.

33-Hartz, T.K., & Bottoms, T.G. (2010). Humic substances generally ineffective in improving vegetable crop nutrient uptake or productivity. *Horticulture Science*, *45*(6), 906-910. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.6.906

34-Heydarian, N., Barzegar, T., & Ghahremani, Z. (2017). Effect of water deficit stress on growth, yield, fruit quality and water use efficiency of some Iranian melon accessions. *Agricultural Crop Management*, *19*(2), 287-302. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/jci.2017.60413

35-Hussain, M., Malik, M.A., Farooq, M., Ashraf, M.Y. & Cheema, M.A. (2008). Improving drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *194*(3), 193-199. https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2008.00305.x

36-Ivan Garcia, T., Victor Hugo, D.Z., & Jose Luis, M.F. (2011). Long-term impact of sustained deficit irrigation on yield and fruit quality in *sweet orange* cv. Salustiana (SW Spain). *Comunicata Scientiae*, *2*(2), 76-84.

37-Jubany-Mari, T., Prinsen, E., Munne-Bosch, S. and Alegre, L. 2010. The timing of methyl jasmonate, hydrogen peroxidase and ascorbate accumulation during water deficit and subsequent recovery in the Mediterranean shrub *Cistus albidus* L. *Journal Environmental and Experimental Botany, 69,* 47-55. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.02.003

38-Karakurt, Y., Unlu, H., Unlu, H., & Padem, H. (2009). The influence of foliar and soil fertilization of humic acid on yield and quality of pepper. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B–Soil and Plant Science*, *59*, 233-237. https://doi.org/10.1080/09064710802022952

39-Khani, A., Barzegar, T., Gharmani, Z., & Nikbakht, J. (2019). The effect of calcium lactate foliar spray on growth, yield and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cv. New Red Fire under water deficit stress. *Plant process and function*, *8*(33), 187-201. (In Persian with English abstract)

40-Khani, A., Barzegar, T., Nikbakht, J., & Ghahremani, Z. (2020). Effect of foliar spray of calcium lactate on the growth, yield and biochemical attribute of lettuce (*Lactuca sativa* L.) under water deficit stress. *Advances in Horticultural Science*, *34*(1), 11-24. https://doi.org/10.13128/ahsc-8252

41-Liang, B., J. Lehmann, D. Solomon, J. Kinyangi, J. Grossman, B. O'Neill, J.O. Skjemstad, J. Thies, F.J. Luizao, J. Petersen, and E.G. Neves. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Science Society of America Journal*, *70*, 1719– 1730. https://doi.org/10.2136/sssaj2005.0383

42-Mahendran, S., & Bandara, D.C. (2000). Effects of soil moisture stress at different growth stages on vitamin C, capsaicin, and b-carotene contents of chili (*Capsicum annum* L.) fruits and their impact on yield. *Tropical Agricultural Research*, *12*, 95–106.

43-Mahmoudi, H., Shekohian, A.A., Asghari, A., & Ghanbari, A. (2016). Investigating the effect of humic acid application on the quantitative and qualitative characteristics of kiwi fruit of Hayward variety. *Fruit Growing Researches*, *2*(2), 96-108. (In Persian with English abstract)

44-Meng, S., Zhanga, C., Sua, L., Lia, Y., & Zhaoa, Z. (2016). Nitrogen uptake and metabolism of *Populus simonii* in response to PEG-induced drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, *123*, 78-87. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.11.005

45-Mostofi, Y., & Najafi, F. (2005). *Analytical laboratory methods in horticultural sciences.* Tehran University Publications. Tehran, Iran. 15-60. (In Persian)

46-Muscolo, A, Sidari, M., & Nardi, S. (2013). Humic substance: Relationship between structure and activity. Deeper information suggests univocal findings. *Journal of Geochemical. Exploration*, *129*, 57-63. https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2012.10.012

47-Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, *34*, 1527-1536. https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00174-8
48-Ozfidan-Konakci, C., Yildiztugay, E., Bahtiyar, M., & Kucukoduk, M. (2018). The humic acid-induced changes in the water status, chlorophyll fluorescence and antioxidant defense systems of wheat leaves with cadmium stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *155*, 66–75. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.02.071
49-Qin, K., Dong, X., Jifon, J., & Leskovar, D.I. (2019). Rhizosphere microbial biomass is affected by soil type, organic and water inputs in a bell pepper system. *Applied Soil Ecology*, *138*, 80–87. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.02.024
50-Qin K., & Leskovar D.I. (2020). Assessments of humic substances application and deficit irrigation in triploid watermelon. *Hortscience*, *55*(5), 1-6. https://doi.org/10.21273/HORTSCI14872-20
51-Rabiei, V., Talai, A., Petrlonger, A., Ebadi, A., & Ahmadi, A. (2003). The effect of low irrigation at the end of the season on the fruit composition of "Merlot" grape variety. *Agricultural Sciences of Iran*, *34*, 961-968. (In Persian with English abstract)
52-Rajalakshmi, K., & Banu, N. (2015). Extraction and estimation of chlorophyll from medicinal plants. *International Journal of Science and Research*, *4*(11), 2319-7064.
53-Ramadan, M.F., & Mörsel, J.T. (2019). Goldenberry (*Physalis peruviana*) oil. pp. 397-404. In: Fruit oils: Chemistry and functionality, Springer Nature Switzerland AG, Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-030-12473-1_19
54-Salehi-Lisar, S.Y., & Bakhshayeshan-Agdam, H. (2020). Agronomic crop responses and tolerance to drought stress. *Agronomic Crops*, *3*, 63-91. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0025-1_5
55-Seyfi, K., & Rashidi, M. (2007). Effect of drip irrigation and plastic mulch on crop yield and yield components of cantaloupe. *International Journal of Agricultuer and Biological*, *2*, 247-249.
56-Seyoum, A., Asres, K. & El-Fiky, F.K. (2006) Structure radical scavenging activity relationships of flavonoid. *Phytochemistr*, *67*(18), 2058-2070. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.07.002
57-Shahhosseini, Z., Gholami, A., & Asghari Asghari, H. (2012). Effect of arbuscular mycorrhiza and humic acid on water use efficiency and physiological growth indices of maize under water deficit condition. *Arid Biome*, *2*(1), 39-57. (In Persian). https://doi.org/10.22059/JCI.2019.282993.2228
58-Sharma, H.S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J.R., & Martin, T. (2014). Plant biostimulants: A review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal Applied Phycology*, *26*, 465-490. https://doi.org/10.1007/s10811-013-0101-9
59-Sun, T., Powers, J. R., & Tang, J. (2007). Evaluation of the antioxidant activity of Asparagus, broccoli and their juices. *Food Chemistry*, *105*, 101-106. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.048
60-Taghdasinia, F., Gharmani, Z., Barzegar, T., & Alaei, M. (2020). Effect of deficit irrigation at different growth stages of two Iranian melon accessions on growth, yield, fruit quality and water use efficiency. *Horticultural Sciences of Iran*, *51*(2), 503-515. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/ijhs.2019.272138.1567
61-Theunissen, J. P., Ndakidemi, A. and Laubscher, C. P. (2010) Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. *International Journal of the Physical Sciences*, *5*(13), 1964- 1973.
62-Toor, R.K., Savage, G.P., & Heeb, A. (2006). Influence of different types of fertilisers on the major antioxidant components of tomatoes. *Journal of Food Composition and Analysis*, *19*, 20-27. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.03.003
63-Turan, M.A, Asik, B.B., Katkat, A.V., & Celik, H. (2011). The effects of soil-applied humic substances to the dry weight and mineral nutrient uptake of maize plants under soil salinity conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *39*, 171-177. https://doi.org/10.15835/nbha3915812
64-Turhan, E., & Eris, A. (2005). Effects of sodium chloride applications and different growth media on ionic composition in strawberry plant. *Journal of Plant Nutrition*, *27*, 1653-1665. https://doi.org/10.1081/PLN-200026009
65-Vaziri, Z.H., Salamat, A., Ansari, M., Masihi, M., Heydari, N., & Dehghani sanich, H. (2008). *Evapotranspiration plant (water consumption guidelines for plants) (Translation*). Publications of the National Committee of Irrigation and Drainage, printing, Tehran, Iran. (In Persian)
66-Wang, Y.T., Liu, R.L., Huang, S.W., & Jin, J.Y. (2009). Effects of potassium application on flavor compounds of cherry tomato fruits. *Journal of Plant Nutrition*, *32*, 1451-1468. https://doi.org/10.1080/01904160903092663
67-Xiao, X., Xu, X., & Yang, F. (2008). Adaptive responses to progressive drought stress in two *Populus cothayana* populations. *Silva Fennica*, *42*, 705-719. https://doi.org/10.14214/sf.224

68-Yildirim, E. (2007). Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, *57*, 182-186. https://doi.org/10.1080/09064710600813107

69-Zhang, H., Xionga, Y., Huanga, G., Xua, X., & Huanga, Q. (2017). Effects of water stress on processing tomatoes yield, quality and water use efficiency with plastic mulched drip irrigation in sandy soil of the Hetao Irrigation District. *Agricultural Water Management*, *179*, 205–214. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.07.022

70-Zonouri, M., Javadi, T., Ghaderi, N., & Saba, M.K. (2014). Effect of foliar spraying of ascorbic acid on chlorophyll a chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoids, hydrogen peroxide, leaf temperature and leaf relative water content under drought stress in grapes. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, *3*(5), 178-184.